

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑮ 公開特許公報 (A)

昭56—86313

① Int. Cl.³
G 01 F 1/66
G 01 S 11/00
15/58

識別記号

庁内整理番号
7625—2 F
7436—5 J
7741—5 J

③ 公開 昭和56年(1981)7月14日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 16 頁)

④ 透過形測定モードと反射形測定モードとを自
動切換可能な超音波流速流量計

東京都中央区銀座1丁目3番1
号株式会社荏原電産内

② 特 願 昭54—163007

① 出 願 人 株式会社荏原製作所

② 出 願 昭54(1979)12月16日

東京都大田区羽田旭町11番1号

⑦ 発 明 者 安田興七郎

① 出 願 人 株式会社荏原電産

東京都大田区羽田旭町11番1号

東京都中央区銀座1丁目3番1
号

株式会社荏原製作所内

④ 代 理 人 弁理士 尾崎光三

⑦ 発 明 者 佐藤征雄

明 細 書

1 発明の名称

透過形測定モードと反射形測定モードとを自
動切換可能な超音波流速流量計

2 特許請求の範囲

送出される超音波信号の伝はん路が流路の中
心軸に対して90°より小さい特定の角度で交叉
するように配置された上流側送信用トランスジ
ューサと、該トランスジューサに隣接配置され
前記超音波信号の伝はん路に略々隣接平行する
伝はん路に対して整合する上流側受信用トラン
スジューサと、上記両トランスジューサに対し
て、被測定流体を介して対向配置され前記各々
の超音波信号の伝はん路に対して整合するよう
に配置された下流側受信用トランスジューサ及
び下流側送信用トランスジューサとを含む超音
波信号送受信手段、少なくとも上流側送信用ト
ランスジューサに供給する電気信号と下流側受

信用トランスジューサが出力する電気信号との
第一の時間差及び下流側送信用トランスジュー
サに供給する電気信号と上流側受信用トランス
ジューサが出力する電気信号との第二の時間差
を計数する時間差計数手段と、上記第二の時間
差から前記第一の時間差を減算し、その演算結
果に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を
算出する演算手段とを含む透過形測定モード信
号処理手段、少なくとも、上流側送信用トラン
スジューサに供給する電気信号と上流側受信用
トランスジューサが出力する電気信号とに回答
して両電気信号の差の周波数を有する第一のビ
ート信号を出力する信号混合手段と、下流側送
信用トランスジューサに供給する電気信号と下
流側受信用トランスジューサが出力する電気信
号とに回答して両電気信号の差の周波数を有す
る第二のビート信号を出力する信号混合手段と
上記第一のビート信号に回答して該信号の周波
数に比例する第一の信号を出力する周波数弁別
手段と、上記第二のビート信号に回答して該信

(1)

(2)

号の周波数に比例し、かつ、上記第一の出力信号と逆極性の第二の信号を出力する周波数弁別手段と、上記第一の信号から上記第二の信号を減算し、その演算結果に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を算出する演算手段とを含む反射形測定モード信号処理手段、いずれかの受信信用トランスジューサが出力する電気信号のレベルを特定の参照電圧と比較し、該電気信号レベルが該参照電圧以下に低下した状態が特定の期間継続したことを検知して、測定モード切換信号を出力する測定モード切換制御手段、及び、上記測定モード切換信号にตอบสนองして前記上流側受信信用トランスジューサと下流側受信信用トランスジューサが出力する電気信号を前記透過形測定モード信号処理手段若しくは反射形測定モード信号処理手段のいずれか一方に対して択一的に供給する測定モード切換手段を備えたことを特徴とする超音波流速流量計。

3 発明の詳細な説明

(3)

の流速を測定するようにした時間差法はしばしば採用されている。

しかし、このような透過形の測定方法では、超音波信号が一对のトランスジューサ間に介在する被測定流体を横切って、多大の減衰を伴うことなく、伝はんすることが前提となっているものである。

したがって、被測定流体中に気泡若しくは固形物が存在すると、超音波信号の伝はんが散乱によって妨げられるので、被測定流体の流速を正確に測定することが困難であった。

上記理由のため、透過形の測定方法は専ら清水の流速・流量測定にしか採用できないという欠点があった。

この欠点を除去するためには、ドップラーシフト法がしばしば採用されている。

特願昭54-020222号の発明はドップラーシフト法に基づく、超音波流速流量計の改良に係り、送受信される超音波信号が被測定流体の流速ベクトルの影響を受ける角度を形成するように、

(5)

この発明は超音波の伝はん時間とドップラーシフトを利用した流速流量計に係り、超音波の伝はん時間を利用する透過形測定モードとドップラーシフトを利用する反射形測定モードとを、被測定流体の汚濁状態に応じて、自動的に切換えるように構成した超音波流速流量計を提供することを目的とする。

従前、清水の流速・流量を測定する方法として、シングアラウンド法、位相差法及び時間差法などがよく知られている。

特に、送受信される超音波信号が被測定流体の流速ベクトルの影響を受ける角度を形成するように、一对の送受信兼用トランスジューサを流路の上流側と下流側とに対向配置し、上流側トランスジューサから送出された超音波信号が下流側のトランスジューサに到達するまでに要した伝はん時間と、逆に、下流側のトランスジューサから送出された超音波信号が上流側のトランスジューサに到達するまでに要した伝はん時間との差を検出することによって、被測定流体

(4)

一对二組の送信用及び受信信用トランスジューサの各組を流路の上流側と下流側とに対向配置し、上流側の送信用トランスジューサから送出される超音波信号を被測定流体中の気泡若しくは固形物に当てて反射させ、第一のドップラーシフトを伴った反射信号を上流側の受信信用トランスジューサにて受信し、次いで下流側の送信用トランスジューサから送出された超音波信号を同じく被測定流体中の気泡若しくは固形物に当てて反射させ、第二のドップラーシフトを伴った反射信号を下流側の受信信用トランスジューサにて受信し、上記第一及び第二のドップラーシフトの差を検出することによって、被測定流体の蛇行運動に起因する流速ベクトルを相殺し、しかも流路に沿う流速ベクトルに対しては出力信号を増倍するように構成した超音波流速流量計を提供している。

しかし、上記流速流量計に採用されたような反射形の測定方法は、被測定流体に対して送出された超音波信号が確実に反射し、多大の減衰を

(6)

伴うことなく、いずれかの流路側面に到達することが前提となっているものである。

したがって、この測定方法は気泡や何らの固形物をも含まない清水の流速流量測定には適用できないことは当然である。

しかるに、近年、工場廃水中の汚濁物質の総量測定などに見られるように、汚濁状態が経時的に変化する被測定流体の流量を連続的に測定する必要に迫られている。この必要性に対して、透過形の測定法若しくは反射形の測定法のいずれか一方に基づく従前の流速流量計でもって対処しようとする、被測定流体の汚濁状態の変化に応じて二種以上の測定装置を選択的に使用しなければならず、装置の運搬及び設置作業が煩雑であるばかりでなく、測定操作に高度の技能を要するという不利点があった。

加えて、被測定流体の汚濁状態を監視しつつ測定装置を選択する操作が必要になるので、連続測定が極めて困難であるという欠点があった。この発明は上記従来技術に基づく超音波流速流

(7)

前記特願昭54-020222号の発明に係り、同じく被測定流体を介して対向配置された一対二組の上流側送受信用トランスジューサ及び下流側送受信用トランスジューサを設けて、反射形流速流量計の一つの欠点であった対雑音信号識別力の脆弱性を克服し、透過形流速流量計と同程度の対雑音信号識別力を有するようにした反射形超音波流速流量計とを測定モード切換手段と共に結合させることによって、上流側及び下流側に対向配置された送受信用トランスジューサを巧みに有効活用する点に優れた着想がある。次に、この発明の実施例を図面に基づいて説明すれば以下の通りである。

第1図はこの発明の第一の実施例の構成を示すブロック図であり、Aは超音波信号送受信部、Bは発振部、Cは透過形測定モード信号処理部、Dは反射形測定モード信号処理部、Eは測定モード切換制御部、F₁、F₂は測定モード切換部、Gは出力表示部である。

超音波信号送受信部Aは被測定流体1が通過す

(8)

量計の測定原理に起因する適用上の制約に鑑み、時間差法に基づく透過形測定モード及びドップラーシフト法に基づく反射形測定モードの二様の測定モードで被測定流体の流速・流量を測定できるように構成され、更に、被測定流体の汚濁状態を検知する手段と上記二様の測定モードを自動的に選択する手段とを備え、被測定流体の汚濁状態に応じて、その汚濁濃度が低いときは透過形測定モードで、また、その汚濁濃度が高いときは反射形測定モードで測定することによって、前記不利点を解消するのみならず、欠点をも除去し、汚濁状態が変化する被測定流体の流速流量測定を簡便に行い、加えて、汚濁状態が変化する被測定流体の流速流量を連続的に測定できるような優れた超音波流速流量計を提供するものである。

上記目的に沿うこの発明は被測定流体を介して対向配置された少なくとも一対の上流側及び下流側トランスジューサを必須の構成要素とする時間差法に基づく透過形超音波流速流量計と、

(9)

る管路の管壁2に装着されたプラスチックくさび3、該くさび3の傾斜面上に固着され、送出された超音波信号の伝はん路4が管路の中心軸5に対して90°より小さい特定の角度αで交叉するように配置された上流側送受信用トランスジューサ6、該トランスジューサに隣接配置され、超音波信号の伝はん路4に略々隣接平行する伝はん路7に対して整合する上流側受信用トランスジューサ8、プラスチックくさび3に対して下流側の管壁2に被測定流体1を介して対向配置されたプラスチックくさび9、該くさび9の傾斜面上に固着され、前記各々の伝はん路4及び7に対して整合するように配置された下流側受信用トランスジューサ10及び下流側送受信用トランスジューサ11から成る。なお、12、13は被測定流体1中に含まれる固形物である。

発振部Bは超音波信号送受信部Aに含まれる送受信用トランスジューサ6、11から送出される500^{KHz}～1^{MHz}程度の超音波信号に変換されるべき電気信号を発振する発振器14、該発振器に接続され

(10)

たパルス変調器15及び該変調器に接続されたパルス発振器16から成る。

透過形測定モード信号処理部Cは切換スイッチ s_1 、 s_2 を含むビーム方向切換器17、該切換器とパルス変調器15に接続されたビーム方向切換制御器18、切換スイッチ s_2 の可動接点に接続された同調器19、該同調器に接続され、自動振幅調整器20を伴った増幅器21、該増幅器に接続されたパルス整形器22、該整形器とパルス変調器15とに接続されたタイムインターバルカウンタ23、該カウンタに接続されたメモリ24及び該メモリとビーム方向切換制御器18に接続された演算器25から成る。

反射形測定モード信号処理部Dは、第一の同調器26、該同調器に接続され、自動振幅調整器27を伴った増幅器28、該増幅器と発振器14に接続された第一のミキサ29、該ミキサに接続された第一の低域通過フィルタ30、該フィルタに接続された第一の周波数弁別器31、更に、同様に接続された第二の同調器32、自動振幅調整器33、

(11)

ビーム方向切換制御器18、パルス発振器16及び比較器42に接続される。

更に、切換スイッチ $s_1 \sim s_7$ の接続関係を説明すると、切換スイッチ s_1 の可動接点はパルス変調器15、ビーム方向切換制御器18、切換スイッチ s_3 、 s_4 のⅡ側固定接点にそれぞれ接続される。切換スイッチ s_1 のa側固定接点は切換スイッチ s_4 のⅠ側固定接点に接続され、該スイッチ s_1 のb側固定接点は切換スイッチ s_3 のⅠ側固定接点に接続される。切換スイッチ s_2 の可動接点は同調器19に接続され、該スイッチ s_2 のa側固定接点は切換スイッチ s_6 のⅠ側固定接点に、該スイッチ s_2 のb側固定接点は切換スイッチ s_5 のⅠ側固定接点にそれぞれ接続される。切換スイッチ s_5 のⅡ側固定接点は第二の同調器32に接続され、切換スイッチ s_6 のⅡ側固定接点は第一の同調器26に接続されるとともに、同調器19にも接続される。

切換スイッチ s_3 、 s_4 、 s_5 、 s_6 の可動接点は、それぞれ上流側送信用トランスジューサ6、下流

(13)

増幅器34、第二のミキサ35、第二の低域通過フィルタ36、第二の周波数弁別器37、該弁別器37と第一の周波数弁別器31に接続された差動増幅器38、該差動増幅器に接続されたアナログディジタル変換器39及び該変換器に接続された演算器40から成る。

測定モード切換制御部Eは可変参照電圧源を含む切換調整器41、該調整器と増幅器21とに接続された比較器42、該比較器に接続されたタイマ43、該タイマに接続された測定モード切換制御器44から成る。

測定モード切換部 F_1 及び F_2 はそれぞれ切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ を含む第一の測定モード切換器45及び切換スイッチ s_7 を含む第二の測定モード切換器46から成る。

出力表示部Gは、切換スイッチ s_7 の可動接点に接続された表示演算器47及び該演算器に接続された表示器48から成る。

上記構成において、測定モード切換制御部Eの出力端子は第一第二の測定モード切換器45、46、

(12)

側送信用トランスジューサ11、下流側受信用トランスジューサ10及び上流側受信用トランスジューサ8に接続される。

切換スイッチ s_7 のⅠ及びⅡ側固定接点はそれぞれ演算器25及び演算器40に接続される。該スイッチ s_7 の可動接点は表示演算器47に接続される。続いて、上記のような構成及び接点接続関係を有するこの発明の一実施例の動作を第1図～第3図を参照しつつ以下に説明する。

第2図及び第3図はそれぞれ透過形測定モード信号処理部C及び反射形測定モード信号処理部Dの主要部の波形の経時的变化を示すものである。

先ず、流速流量計が透過形測定モードで動作している場合には、測定モード切換部 F_1 、 F_2 は測定モード切換制御部Eより測定モード切換信号を受けて、切換スイッチ $s_3 \sim s_7$ の可動接点をⅠ側固定接点に接続固定する。このとき、透過形測定モード信号処理部Cのビーム方向切換制御器18及び発振部Bのパルス発振器16も該切換信

(14)

号を受けて、動作可能な状態となる。

かかる状態の下で、先ず、ビーム方向切換制御器18は第2図Aに示すような制御信号をビーム方向切換器17に供給して、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点をa側固定接点に接続する。

いま、発振器14が出力する500KHz～1MHz程度の正弦波信号はパルス変調器15に供給され、パルス発振器16が出力するパルス幅1～5 μ sec、パルス周期2～50 μ sec程度の矩形波パルスでもって振幅変調されるので、第2図Bに示すようなエンベロープを有する正弦波信号が切換スイッチ s_1 のa側固定接点を経て、下流側送信用トランスジューサ11に供給される。この信号は該トランスジューサ11によってパルス状超音波信号に変換されて、被測定流体1に対して送出されビーム状の指向性を伴って伝はん路7に沿って伝はんし、上流側受信用トランスジューサ8に到達し、第2図Dに示すような正弦波電気信号の断続波に変換される。この断続波は、切換スイッチ s_2 のI側固定接点及び切換スイッチ s_2 の

(15)

手において t_1 で示す時間差は略々下流側送信用トランスジューサ11により送出された超音波信号が伝はん路7に沿って伝はんし、上流側受信用トランスジューサ8に到達するまでに要した伝はん時間を表わすものである。

勿論、トランスジューサ11、8、同調器19、増幅器21及びパルス整形器22の動作遅延時間を無視することはできないが、これらの動作遅延時間は大体一定であるので演算器25による演算処理過程において容易に補正できる。

タイムインターバルカウンタ23は、先ず、第2図Bに示すようなパルス変調器15の出力パルス列の一つを受けて、内蔵する高周波クロックパルスの計数を開始し、次いで、上記出力パルスに対応して出力されるパルス整形器22の出力パルスに回答して前記高周波クロックパルスの計数を停止する。このようにして、タイムインターバルカウンタ23には、第2図Fに示す時間差 t_1 を表わすデジタル符号が一旦、記憶される。該カウンタ23は計数を停止すると、即座に上記

(17)

a側固定接点を経て同調器19に供給される。

同調器19はこの正弦波信号の断続波を受けて、雑音成分を除去し、これを増幅器21に供給する。該増幅器21は該断続波を信号処理に適する振幅に増幅し、パルス整形器22に供給する。このとき、増幅器21の利得は自動振幅調整器20により該増幅器の入力信号レベルに応じて増減されるので、被測定流体1中をある程度の気泡や、固形物が通過することによって、受信用トランスジューサ8の出力信号レベルが低下した場合でも、十分なレベルの正弦波信号の断続波をパルス整形器22に供給でき、動作に支障をきたすことはない。パルス整形器22は例えばシュミット回路などで構成されており、供給された正弦波信号の断続波の各々の着信点で立上る矩形波を形成して出力する。

第2図Fは上記信号処理により得られるパルス整形器22の出力パルス列を示すもので、同図Bに示すような下流側送信用トランスジューサ11に供給されるパルス列との時間差、即ち、同図

(16)

デジタル符号をメモリ24に転送する。

続いて、全く同様の動作を繰返し、送信用トランスジューサ11に供給される出力パルス列の第二番目のパルスとそれに対応するパルス整形器22の出力パルスとの時間差を計数して、該時間差を表わすデジタル符号をメモリ24に転送する。

メモリ24はタイムインターバルカウンタ23から逐次に転送される該デジタル符号を転送された順序に従って順次記憶する。

このような動作の期間中、パルス変調器15の出力パルス列はビーム方向切換制御器18にも供給されており、該制御器はパルス列を計数して所望の測定期間の経過を検知して、ビーム方向切換信号を出力する。

このビーム方向切換信号を受けて演算器25は即座にメモリ24に記憶された一連の時間差 t_1 を表わすデジタル符号群を高速度で読み出し、その平均値を算出する。この平均値は、下流側送信用トランスジューサ11から上流側受信用トラ

(18)

○ ススジェーサ 8 までの伝はん時間の、前記測定期間についての平均を意味するものである。

さて、ビーム方向切換制御器 18 から出力される第 2 図 A に示すようなビーム方向切換信号はビーム方向切換器 17 にも供給されるので、この信号を受けれた該切換器 17 は切換スイッチ s_1 , s_2 の可動接点を b 側固定接点に接続する。

したがって、今度は、パルス変調器 15 の出力パルス列は切換スイッチ s_1 の b 側固定接点、切換スイッチ s_2 の l 側固定接点を経て上流側送信用トランスジェーサ 6 に供給され、該トランスジェーサによって超音波信号に変換されて伝はん路 4 に沿って伝はんし、下流側受信用トランスジェーサ 10 に到達する。該トランスジェーサ 10 の出力信号は、切換スイッチ s_2 の l 側固定接点、切換スイッチ s_1 の b 側固定接点を経て同調器 19 に供給される。以後は全く同様の信号処理が行われ、タイムインターバルカウンタ 23 には上流側送信用トランスジェーサ 6 より送出された超音波信号が伝はん路 4 に沿って伝はんし、下流

(19)

○ ら時間差 t_2 の平均値を演算し、その演算結果に基づいて平均流速を算出する。

上記演算処理を終了すると、該演算器 25 は被測定流体 1 の流速を表わすデジタル符号を、直列符号に変換して切換スイッチ s_7 の l 側固定接点を介して表示演算器 47 に対して伝送する。表示演算器 47 は該符号を受けて、これを再び並列符号に変換して表示器 48 に転送する。表示器 48 は該並列符号が表わす流速を目視可能に表示する。このように、演算器 25 と表示演算器 47 間の情報伝送を直列符号を用いて行うことは測定モード切換部 F_2 に含まれる切換スイッチ s_7 の接点数を最小限度にとどめるとともに、両器間の結線数をも最小限度とし、遠隔表示を容易にするという実益を伴う。

なお、前記演算器 25 による演算処理過程において流速に対して被測定流体 1 が通過する管路の断面積を乗ずることによって、流量を算出すれば、表示器 48 でもって流量を直視可能に表示することができる。

(21)

○ 側受信用トランスジェーサ 10 に到達するまでに要した伝はん時間に略々等しい時間、即ち、第 2 図 F において t_2 で示す時間を表わすデジタル符号が記憶される。第 2 図において C, E 及び F はそれぞれ上流側送信用トランスジェーサ 6 に供給されるパルス信号のエンベロープ、同調器 19 の出力信号及びパルス整形器 22 の出力信号の前記動作における波形を示すものである。

メモリ 24 は同様に、一連の時間差 t_2 を表わすデジタル符号を逐次に記憶する。ビーム方向切換制御器 18 は前記同様にパルス変調器 15 の出力パルス列を計数することにより、所望の測定期間の経過を検知して、ビーム方向切換信号を出力し、再度、切換スイッチ s_1 , s_2 の可動接点を a 側固定接点に接続する。

このとき、該ビーム方向切換信号は演算器 25 にも供給されるので、該演算器 25 は該信号を受けてメモリ 24 に記憶されている一連の時間差 t_2 を表わすデジタル符号群を読み出して、その平均値を算出するとともに、時間差 t_1 の平均値か

(20)

○ 続いて、被測定流体 1 中に含まれる気泡若しくは固形物 12, 13 の量が増大したときに、自動的に透過形測定モードから反射形測定モードに切換える動作について説明する。

いま、被測定流体 1 の汚濁濃度が増大すると、伝はん路 4 及び 7 を伝はんする超音波信号は多大の減衰を受けるので、同調器 19 の出力信号レベルが除々に低下し、増幅器 21 の入力信号レベルが自動振幅調整器 20 の帰還作用により出力信号レベルを一定に保持できる限度以下にまで低下すると、該増幅器 21 の出力信号レベルが低下し始める。該増幅器 21 の出力信号は比較器 42 にも供給されているので、該比較器 42 は該出力信号のピーク値を一旦、保持し、これを切換調整器 41 から供給される設定可能な参照電圧と比較し、該出力信号のピーク値が該参照電圧よりも小さくなったことを検知すると、出力信号をタイマ 43 に対して供給する。タイマ 43 は該出力信号の継続時間、即ち、増幅器 21 の出力信号のピーク値のレベルが予め設定された参照電圧以下

(22)

になっている期間が該タイマ43に予め設定された時間を越えると、該タイマ43は出力信号を測定モード切換制御器44に供給する。該信号を受けて測定モード切換制御器44は測定モード切換信号を出力する。

タイマ43を設けることは、被測定流体1の汚濁濃度の一時的な変動に回答して、測定モードの切換が頻頻に行われることを防止する実益を伴う。

また、切換調整器41に内蔵される参照電圧を手動操作でもって可変設定することによって、測定モードの切換が行われるべき被測定流体1の汚濁濃度を所望の値に設定することができる。測定モード切換制御器44が出力する測定モード切換信号は、先ず、測定モード切換器45、46に供給され、該切換器は該信号に回答して切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ 及び s_7 の可動接点をⅡ側固定接点に接続固定する。

次に、測定モード切換信号はビーム方向切換制御器18及びパルス発振器16にも供給されるので、

(23)

も同時に供給される。

而して、上流側送信用トランスジューサ8から送出された連続波の超音波信号は伝はん路4に沿って伝はんし、管壁2の近傍を通過する気泡若しくは固形物12に当たって反射し、上流側受信用トランスジューサ8に到達する。

受信用トランスジューサ8はこの超音波を電気信号に変換し、第3図Aに示すように送信用トランスジューサ8に供給された正弦波信号の周波数に対して被測定流体1の流速、即ち、気泡若しくは固形物12の移動速度に応じて低下した周波数 f_1 の正弦波信号を出力する。

上記周波数の低下は流路に沿って移動する気泡若しくは固形物12によるドップラシフトである。

全く同様に、下流側送信用トランスジューサ11から送出された超音波信号は伝はん路7に沿って伝はんし、同じく管壁2の近傍を通過する気泡若しくは固形物13に当たって反射し、下流側受信用トランスジューサ10に到達する。

(25)

該信号を受けて、ビーム方向切換器17は動作不能の状態に固定され、更に、パルス発振器16はパルス変調器15に対する変調信号の断続を停止し、「1」の状態を連続的に供給する。

このとき、比較器42も測定モード切換信号の供給を受けて、比較されるべき信号のピーク値を一旦、保持する機能を停止させる。

上記動作が終了すると、装置は反射形測定モードに切換る。このとき、切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ の可動接点がⅡ側固定接点に接続されているので、ビーム方向切換器17の切換スイッチ s_1 、 s_2 の接続状態が反射形測定モードの動作に影響を与えることはない。

続いて、反射形測定モードの動作を説明すると、発振器14から出力された正弦波信号は、今度は、変調器15でもって変調されることなく、連続波として送出され、切換スイッチ s_3 のⅡ側固定接点を経て上流側送信用トランスジューサ8に供給されるとともに、切換スイッチ s_4 のⅡ側固定接点を経て下流側送信用トランスジューサ11に

(24)

受信用トランスジューサ10はこの超音波信号を電気信号に変換し、第3図Dに示すように、送信用トランスジューサ11に供給された正弦波信号の周波数に対して被測定流体1の流速に応じて、上昇した周波数 f_1' の正弦波信号を出力する。上記周波数の上昇は流路に沿って移動する気泡若しくは固形物13によるドップラシフトである。

さて、受信用トランスジューサ8、10が出力する前記ドップラシフトを受けた正弦波信号は、それぞれ切換スイッチ s_6 のⅡ側固定接点及び切換スイッチ s_5 のⅡ側固定接点を経て、第一の同調器26及び第二の同調器32に供給される。

反射形測定モード信号処理部Dにおける第一及び第二の同調器26、32、増幅器28、34、自動振幅調整器27、33は透過形測定モード信号処理部Cにおける同調器19、増幅器21、自動振幅調整器20と全く同様に動作する。

而して、第一のミキサ29は第3図Aに示す波形に相似する周波数低下のドップラシフトを受

(26)

けた正弦波信号と送信用トランスジューサ6, 11に供給された正弦波信号とが同時に供給されるので両正弦波信号を混合し、第3図Bに示すような第一のビート信号を出力する。

一方、第二のミキサ35は同様に作動して、第3図Dに示す波形に相似する周波数上昇のドップラーシフトを受けた正弦波信号とを混合して第3図Eに示すような第二のビート信号を出力する。

上記第一及び第二のビート信号は、ミキサ29, 35が同時に出力する送受信信号周波数成分と共にそれぞれ第一及び第二の低域通過フィルタ30, 36に供給され、該フィルタ30, 36は該送受信信号周波数成分を除去し、第一及び第二のビート信号のみを第一及び第二の周波数弁別器31, 37のそれぞれに供給する。

第一の周波数弁別器31は、前記周波数低下のドップラーシフトに係る第一のビート信号を受けて第3図Cに示すように、その周波数に比例するアナログ電圧を出力する。

(27)

○ 送する超音波信号は上記流路に直交する速度ベクトルの成分によるドップラーシフトを雑音成分として含んでいるので、第3図A, Dに示すように、該トランスジューサ8, 10が出力する正弦波信号も周波数領域における雑音成分 $\Delta f_n, \Delta f_n'$ を含むこととなり、受信周波数 f_r, f_r' を中心にして、それぞれ $\pm \Delta f_n, \pm \Delta f_n'$ だけ変動する。

この周波数雑音成分 $\Delta f_n, \Delta f_n'$ も第一及び第二のビート信号と共に第一及び第二の周波数弁別器31, 37に供給されるので、第一の周波数弁別器31の出力信号には第3図Cにおいて ΔE で示すように、上記雑音成分に相当する出力電圧が重畳する。

このような雑音成分を更に詳しく検討すると、多くの場合、流路を通過する気泡若しくは固形物12, 13は流路の中心軸に対して対称の速度成分を多く含むので、この速度成分から成る雑音成分 $\Delta f_n'$ に対しては第二の周波数弁別器37は、第3図Fにおいて $\Delta E'$ で示すように上記雑音成分に相当する電圧を負極性の方向に重畳させて

(28)

一方、第二の周波数弁別器37は前記周波数上昇のドップラーシフトに係る第二のビート信号を受けて第3図Fに示すように、その周波数に比例するアナログ電圧を出力する。

このとき、第一のビート信号の周波数は被測定流体1の流速に比例して低下するのに対して、第二のビート信号の周波数は被測定流体1の流速に比例して上昇するので、周波数弁別器のよく知られたS字特性を利用することによって第3図C及びFに示すように被測定流体1の流速に比例して相互に反対の極性で増加するアナログ電圧を第一及び第二の周波数弁別器31, 37の出力信号として得ることができる。

ところで、一般に、被測定流体1の流路を通過する気泡若しくは固形物12, 13は流路に沿って移動する過程で蛇行運動を伴うので、該気泡若しくは固形物12, 13は流路に沿う速度ベクトルの他に流路に直交する速度ベクトルの成分を持つものである。

したがって、受信用トランスジューサ8, 10に到

(29)

○ 出力する。

例えば、気泡若しくは固形物12, 13がそれぞれ伝はん路4, 7に沿って流路の中心に向って等速度で移動する速度成分を持っていると、気泡若しくは固形物12については周波数低下のドップラーシフトが助長されるので、第一の周波数弁別器31の出力信号は第3図Cにおいて Δ で示すように増大する。一方、気泡若しくは固形物13については周波数上昇のドップラーシフトが抑制されるので、第二の周波数弁別器37の出力信号は第3図Fにおいて Δ' で示すように負極性出力の減少方向、即ち、正極性方向に変化する。

差動増幅器38は両周波数弁別器31, 37の出力信号を受けて、第一の周波数弁別器31の出力信号から第二の周波数弁別器37の出力信号を減算し、第3図Gに示すようなアナログ電圧を出力する。該アナログ電圧は受信信号成分については第一の周波数弁別器31の受信信号成分に相当する出力電圧 ΔE と第二の周波数弁別器37の受信信号成分に相当する出力電圧 $\Delta E'$ の和となり、雑音成

(30)

分に相当する出力電圧 $4E''$ 、 $4E'''$ については差の電圧となる。したがって、気泡若しくは固形物12, 13の蛇行運動に起因する雑音成分を抑制するとともに、該気泡若しくは固形物の流路に沿う移動に起因する信号成分を倍増させることができる。

このようにして得られた差動増幅器38の出力信号はアナログデジタル変換器39に供給され、被測定流体1の流速を表わすデジタル符号に変換されて、演算器40に転送される。

演算器40は演算器25と同様に作動し、必要に応じて流路断面積を乗ずる演算を行い、更に、流速若しくは流量を表わす直列符号を出力する。該直列符号は切換スイッチ s_7 のⅡ側固定接点を経て表示演算器47に伝送される。以後の動作は透過形測定モードの場合と同じである。

続いて、被測定流体1中に含まれる気泡若しくは固形物12, 13の量が減少したときに、自動的に反射形測定モードから、再度、透過形測定モードに切換える動作について説明する。

(31)

上記測定モード切換動作に除して、測定モード切換制御器44には不感帯、即ち、ヒステリシスを設けておくとよい。

このようにすると、被測定流体1の汚濁濃度が切換調整器41にて予め設定された測定モードの切換を必要とする汚濁濃度に略々等しい汚濁濃度に長時間保たれた場合でも、タイマ43で設定された検出時間間隔をもって測定モードが連続的に交互に切換わることを防止できる実益がある。

第4図はこの発明の第二の実施例の構成を示すブロック図であり、測定モード切換部 F_1 の測定モード切換器45は切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ から成り、透過形測定モード信号処理部Cのビーム方向切換器17は切換スイッチ s_1, s_2 から成る。

更に、切換スイッチ $s_1 \sim s_6$ の接続関係を説明すると、切換スイッチ s_1 の可動接点はパルス変調器15、ビーム方向切換制御器18、切換スイッチ s_4 及び s_5 のⅡ側固定接点にそれぞれ接続される。切換スイッチ s_1 のⅢ側固定接点は切換スイッチ

(32)

装置が反射形測定モードで動作している場合には、第一の同調器26に供給されている上流側受信用トランスジューサ8の出力信号が同調器19にも供給されるので、測定モード切換制御部Eは比較器42が増幅器21の出力信号のピーク値を一旦、保持することなく、連続的に該出力信号と、切換調整器41に内蔵される参照電圧とを比較する動作を除いて、透過形測定モードの場合と全く同様に動作し、該受信用トランスジューサ8の出力信号レベルの継続的低下を検出して装置を透過形測定モードに切換える。

即ち、モード切換制御器44は測定モード切換信号を送出して、切換スイッチ $s_3 \sim s_7$ の可動接点をⅠ側固定接点に接続固定し、更に、ビーム方向切換制御器18を動作可能状態にするとともに、パルス発振器16のパルス変調器15に対するパルス列の供給を開始させる。

このとき、比較器42も再度、測定モード切換信号の供給を受けて比較されるべき信号のピーク値を一旦、保持する機能の停止を解除する。

(32)

s_5 のⅠ側固定接点及び切換スイッチ s_2 のb側固定接点に接続される。切換スイッチ s_1 のb側固定接点は切換スイッチ s_3 のⅠ側固定接点及び切換スイッチ s_2 のⅢ側固定接点に接続される。切換スイッチ s_2 の可動接点は同調器19に接続される。

切換スイッチ s_3 のⅡ側固定接点は第一の同調器26に接続され、切換スイッチ s_4 のⅡ側固定接点は第二の同調器32及び同調器19にそれぞれ接続される。

切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ の可動接点は、それぞれ上流側送受信兼用トランスジューサ8'、上流側送信用トランスジューサ6、下流側送受信兼用トランスジューサ11'、下流側受信用トランスジューサ10にそれぞれ接続される。

他の構成要素は第1図において同一の符号が示す構成要素とそれぞれ同一である。

いま、透過形測定モードで動作する場合には、切換スイッチ $s_3 \sim s_6$ の可動接点がⅠ側固定接点に接続固定されており、更に、第1図を参照し

(34)

て説明した第一の実施例の場合と同様に、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点は a 側固定接点及び b 側固定接点に対して所望の測定期間毎に交互に接続される。

スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点が a 側固定接点に接続されている測定期間では、パルス変調器15の出力パルス列が切換スイッチ s_1 の a 側固定接点及び切換スイッチ s_5 のⅠ側固定接点を経て下流側送受信兼用トランスジューサ11'に供給されるので、該トランスジューサは送信用トランスジューサとして作動し、超音波信号を伝搬路7に沿って送出する。

上流側送受信兼用トランスジューサ8'はこの超音波信号に应答して受信用トランスジューサとして動作し、該超音波信号を電気信号に変換する。この電気信号は切換スイッチ s_5 のⅠ側固定接点及び切換スイッチ s_2 の a 側固定接点を経て同調器19に供給される。

次に、スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点が b 側に接続されている測定期間では、パルス変調器15の出

(35)

而して、上流側送信用トランスジューサ6が送出した超音波信号に应答して、上流側送受信兼用トランスジューサ8'が受信用トランスジューサとして作動して出力する電気信号は切換スイッチ s_5 のⅡ側固定接点を経て第一の同調器26に供給される。

一方、下流側送受信兼用トランスジューサ11'が送信用トランスジューサとして作動して送出した超音波信号に应答して下流側受信用トランスジューサ10が出力する電気信号は切換スイッチ s_5 のⅡ側固定接点を経て第二の同調器32に供給される。

その他の動作は第1図を参照して説明した第一の実施例の場合と全く同じである。

第5図はこの発明の第三の実施例の構成を示すブロック図であり、測定モード切換部F₁の測定モード切換器45は切換スイッチ s_3 のみから成り、透過形測定モード信号処理部Cのビーム方向切換器17は切換スイッチ s_1 、 s_2 から成る。

更に、切換スイッチ $s_1 \sim s_5$ の接続関係を説明す

(37)

パルス列が切換スイッチ s_1 の b 側固定接点及び切換スイッチ s_5 のⅠ側固定接点を経て、上流側送受信兼用トランスジューサ8'に供給されるので、該トランスジューサが送信用トランスジューサとして作動する。このとき、下流側送受信兼用トランスジューサ11'は受信用トランスジューサとして作動し、その出力信号は切換スイッチ s_5 のⅠ側固定接点及び切換スイッチ s_2 の b 側固定接点を経て、同調器19に供給される。続いて、反射形測定モードで動作する場合には、切換スイッチ $s_3 \sim s_5$ の可動接点はそれぞれⅡ側固定接点に接続固定されるので、切換スイッチ s_1 、 s_2 の状態は動作に無関係となる。

この測定モードでは第一の実施例と同様に、パルス変調器15から正弦波信号が連続的に出力され、該信号は切換スイッチ s_4 のⅡ側固定接点を経て上流側送信用トランスジューサ6に供給されるとともに、切換スイッチ s_5 のⅡ側固定接点を経て、下流側送受信兼用トランスジューサ11'にも同時的に供給される。

(36)

ると、切換スイッチ s_1 の可動接点はパルス変調器15に接続される。

切換スイッチ s_1 の a 側固定接点は切換スイッチ s_2 の可動接点及び下流側送信用トランスジューサ11に接続される。切換スイッチ s_1 の b 側固定接点は切換スイッチ s_3 のⅡ側固定接点及び上流側送信用トランスジューサ6に接続される。切換スイッチ s_2 の可動接点は同調器19に接続される。切換スイッチ s_2 の a 側固定接点は上流側受信用トランスジューサ8に接続され、該スイッチ s_2 の b 側固定接点は下流側受信用トランスジューサ10に接続される。

更に、反射形測定モード信号処理部Dは、発振器14及び増幅器21に接続されたミキサ29'、該ミキサに接続された低域通過フィルタ30'、該フィルタに接続された周波数弁別器31'、該弁別器に接続されたアナログデジタル変換器49、該変換器に接続されたメモリ50及び該メモリに接続された演算器40'から成る。

なお、透過形測定モード信号処理部Cのビーム

(38)

方向切換制御器18は測定モード切換制御器44に対して接続されることなく、パルス発振器16に接続される。

他の構成要素は第1図において同一の符号が示す構成要素と同一である。

いま、透過形測定モードで動作する場合には、切換スイッチ s_3 の可動接点がI側固定接点に接続固定されており、更に、第一の実施例の場合と同様に切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点はa側固定接点及びb側固定接点に対して所望の測定期間毎に交互に接続される。

従って、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点がa側固定接点に接続されている測定期間では、パルス変調器15の出力パルス列は切換スイッチ s_1 のa側固定接点を経て下流側送信用トランスジューサ11に供給され、超音波信号に変換されて送出される。

この超音波信号は上流側受信用トランスジューサ8により電気信号に変換され、切換スイッチ s_2 のa側固定接点を経て同調器19に供給される。

(39)

○ 固定接点に接続されている測定期間では、パルス変調器15から出力される正弦波信号は、切換スイッチ s_1 のa側固定接点及び切換スイッチ s_2 のII側固定接点を経て上流側送信用トランスジューサ6に供給されるとともに、同じく切換スイッチ s_1 のa側固定接点を経て下流側送信用トランスジューサ11にも同時に供給される。上流側受信用トランスジューサ8は上流側送信用トランスジューサ6が送出した超音波信号の反射波を受信し、これを電気信号に変換する。該電気信号は切換スイッチ s_2 のa側固定接点を経て同調器19に供給される。このとき、下流側受信用トランスジューサ10が出力する電気信号は、切換スイッチ s_2 のb側固定接点が開放されているので装置の動作に関与しない。同調器19、自動振幅調整器20、増幅器21は第二の実施例における第一の同調器26、自動振幅調整器22、増幅器28と全く同様に動作し、ミキサ29'には周波数低下のドップラシフトを伴った正弦波信号が供給される。

(41)

一方、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点がb側固定接点に接続されている測定期間ではパルス変調器15の出力パルス列は切換スイッチ s_1 のb側固定接点を経て上流側送信用トランスジューサ6に供給され、超音波信号に変換されて送出される。この超音波信号は下流側受信用トランスジューサ10により電気信号に変換され、切換スイッチ s_2 のb側固定接点を経て同調器19に供給される。

透過形測定モードにおける以後の動作は第一の実施例の場合と全く同じである。

次に、反射形測定モードで動作する場合には、切換スイッチ s_3 の可動接点がII側固定接点に接続固定され、しかも、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点がa側固定接点及びb側固定接点に対して、所望の測定期間毎に交互に接続される。更に、第一及び第二の実施例の場合と同様に、パルス変調器15からは正弦波信号が連続的に出力される。

而して、切換スイッチ s_1 、 s_2 の可動接点がa側

(40)

○ 一方、ミキサ29'には、発振器14が出力する正弦波信号も供給されているので、該ミキサ29'は両信号を混合し、第一のビート信号を出力する。

該第一のビート信号は、第一及び第二の実施例の場合と同様に、低域通過フィルタ36'、更に、周波数弁別器31'に供給される。

而して、この測定期間では、周波数弁別器31'は周波数低下のドップラシフトに係る第一のビート信号の周波数に比例する正極性のアナログ電圧を出力する。

アナログディジタル変換器48は上記アナログ電圧をディジタル符号に変換し、メモリ50に転送する。

メモリ50はこの測定期間に続く次の測定期間の終了時点まで前記ディジタル符号を記憶する。さて、この測定期間中、ビーム方向切換制御器18はパルス発振器16が出力するパルス列を計数することによって、所望の測定期間の経過を検知し、ビーム方向切換信号に相当する制御信号

(42)

をビーム方向切換器17に供給し、切換スイッチ s_1 , s_2 の可動接点をb側固定接点に接続する。このようにして開始される次の測定期間では、パルス変調器15が出力する正弦波信号は切換スイッチ s_1 のb側固定接点を経て上流側送信用トランスジューサ8に供給されるとともに、切換スイッチ s_1 のb側固定接点、及び切換スイッチ s_2 のII側固定接点を経て下流側送信用トランスジューサ11にも供給される。

一方、下流側受信信用トランスジューサ10が出力する電気信号は切換スイッチ s_2 のb側固定接点を経て同調器19に供給される。このとき、上流側受信信用トランスジューサ8が出力する電気信号は切換スイッチ s_2 のa側固定接点が開放されているので装電の動作に参与しない。

以後、前述同様の動作により、ミキサ 29' は周波数上昇のドップラシフトに係る第二のビート信号を出力し、周波数弁別器 31' は該第二のビート信号の周波数に比例する負極性のアナログ電圧を出力する。

(43)

び同調器19、自動振幅調整器20、増幅器21を透過形測定モードと反射形測定モードにおいて共用できるように構成するとともに、透過形測定モードにおいて不可欠のビーム方向切換動作を反射形測定モードにおいても有効に作用させ、ミキサ 29'、低域通過フィルタ 30' 及び周波数弁別器 31' を時分割で使用することによって、構成要素を共通できるので、経済性が著しく向上するという実益がある。

なお、この発明の実施例における切換スイッチ $s_1 \sim s_7$ として、通常のリレー素子に代えてマキエリー ウェテッド リレーを採用することは信頼性の向上の観点から推奨される。

更には、有接点素子に代えて半導体素子等から成るアナログスイッチを採用することもできる。以上のように、この発明は送出される超音波信号の伝はん路が流路の中心軸に対して特定の角度で交叉するように被測定流体を介して対向配置された一対二組の上流側送受信信用トランスジューサと下流側送受信信用トランスジューサとを

(45)

アナログディジタル変換器49は該負極性のアナログ電圧をディジタル符号に変換し、メモリ50に転送して一旦記憶させる。

しかる後、ビーム方向切換制御器18が所望の測定期間の経過を検知し、ビーム方向切換器17に対して制御信号を送出して、切換スイッチ s_1 , s_2 の可動接点を再びa側固定接点に接続し、次の測定期間を開始するのであるが、このとき、上記制御信号は、演算器 40' に対しても供給されるので、該演算器 40' はこの信号を受けて、メモリ50から前記第一のビート信号に対応する正極性のアナログ電圧を表わすディジタル符号と前記第二のビート信号に対応する負極性のアナログ電圧を表わすディジタル符号とを読み出して、前者から後者を減算し、その演算結果に基づいて被測定流体1の流速を表わすディジタル符号を形成し、直列符号をもって出力する。その他の動作は第1図を参照して説明した第一の実施例の場合と同じである。

上記第三の実施例では、切換スイッチ s_1 , s_2 及

(44)

含む超音波信号送受信手段、上流側送信用トランスジューサから送出された超音波信号が下流側受信信用トランスジューサに到達するまでに要した伝はん時間と下流側送信用トランスジューサから送出された超音波信号が上流側受信信用トランスジューサに到達するまでに要した伝はん時間との差に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を算出するようにした透過形モード信号処理手段、上流側送信用トランスジューサから送出された超音波信号に係る周波数低下のドップラシフトを伴う超音波反射信号を上流側受信信用トランスジューサで受信して、第一のビート信号を生成し、下流側送信用トランスジューサから送出された超音波信号に係る周波数上昇のドップラシフトを伴う超音波反射信号を下流側受信信用トランスジューサで受信して、第二のビート信号を生成し、上記第一のビート信号をその周波数に比例する信号に変換し、前記第二のビート信号をその周波数に比例し、かつ、上記信号と逆極性の信号に変換し、更に、上記

(46)

両信号の差に基づいて被測定流体の流速若しくは流量を算出するようにした反射形モード信号処理手段、受信用トランスジューサの出力信号レベルを特定の参照電圧と比較し、該出力信号レベルが該参照電圧以下に低下した状態が特定の期間継続したことを検知して測定モード切換信号を出力するようにした測定モード切換制御手段、及び、上記測定モード切換信号に応答して、前記上流側受信用トランスジューサと下流側受信用トランスジューサの出力信号を前記透過形測定モード信号処理手段若しくは反射形測定モード信号処理手段に対して択一的に供給するようにした測定モード切換手段をもって構成される。

この発明は上記のように構成されるので、被測定流体の汚濁濃度に応じて透過形測定モードと反射形測定モードから成る二種の測定モードを自動的に選択することができる。

したがって、被測定流体の汚濁濃度が経時的に変化するような場合であっても、従前のように

透過形測定法に基づく測定装置と反射形測定法に基づく測定装置とを併用することなく、一台の測定装置でもって簡便に流速・流量を測定できるので、測定装置の運搬設置作業及び取扱い操作が極めて容易になるという効果がある。更に、この発明によれば、被測定流体の汚濁濃度の経時的変化を監視して上記二種類の測定装置を切換える操作が不要になるので、汚濁濃度が経時的に変化する被測定流体の流速・流量を長期間にわたって連続的に測定記録することができる効果もある。

加えて、この発明によれば、透過形測定モードの動作において不可欠の被測定流体を介して対向配置された一対二組の送受信用トランスジューサを反射形測定モードの動作においても有効に活用し、汚濁物質（気泡若しくは固形物）の蛇行運動に起因する雑音出力を抑制するとともに、流路に沿う速度ベクトルに起因する測定信号出力を増大させることによって、従前、劣っていた反射形測定モードにおける測定精度を改

(47)

善向上させているので、両測定モードの切換に伴う測定精度の差は僅小であり、高精度の連続測定を実現できるという効果もある。

4 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の第一の実施例の構成を示すブロック図、第2図は第1図における透過形測定モード信号処理部Cの主要部の波形の経時の変化を示すタイムチャート、第3図は第1図における反射形測定モード信号処理部Dの主要部の波形の経時の変化を示すタイムチャート、第4図はこの発明の第二の実施例の構成を示すブロック図、第5図はこの発明の第三の実施例の構成を示すブロック図である。

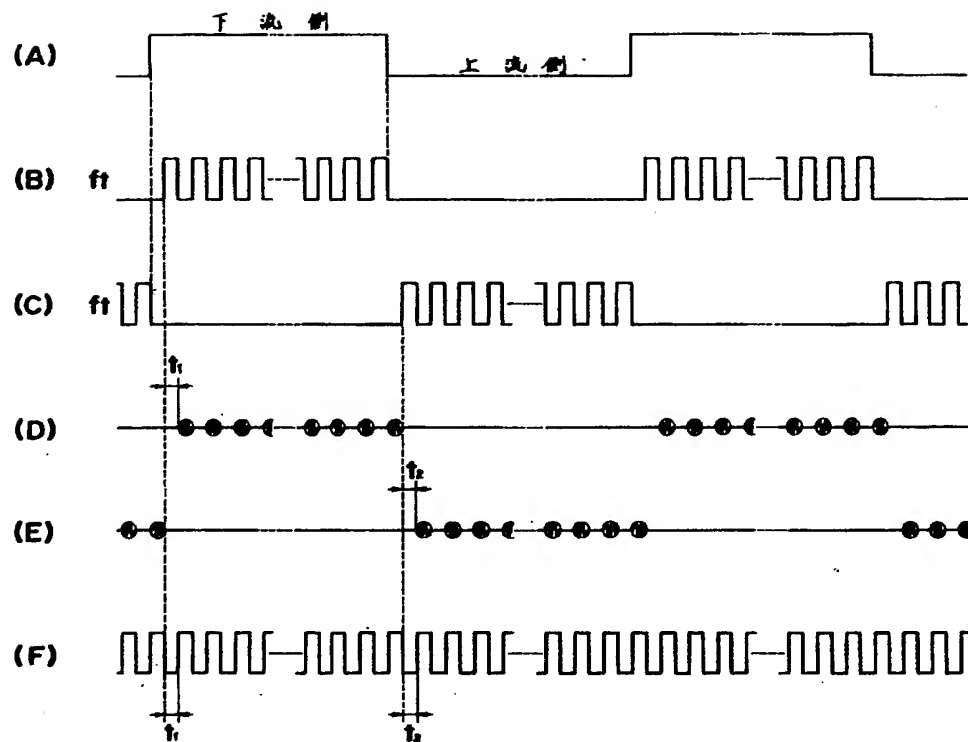
- 1 --- 被測定流体
- 2 --- 管壁
- 3, 9 --- プラスチックくさび
- 4, 7 --- 伝はん路
- 5 --- 管路の中心軸
- 6 --- 上流側送信用トランスジューサ
- 8 --- 上流側受信用トランスジューサ
- 10 --- 下流側受信用トランスジューサ

(48)

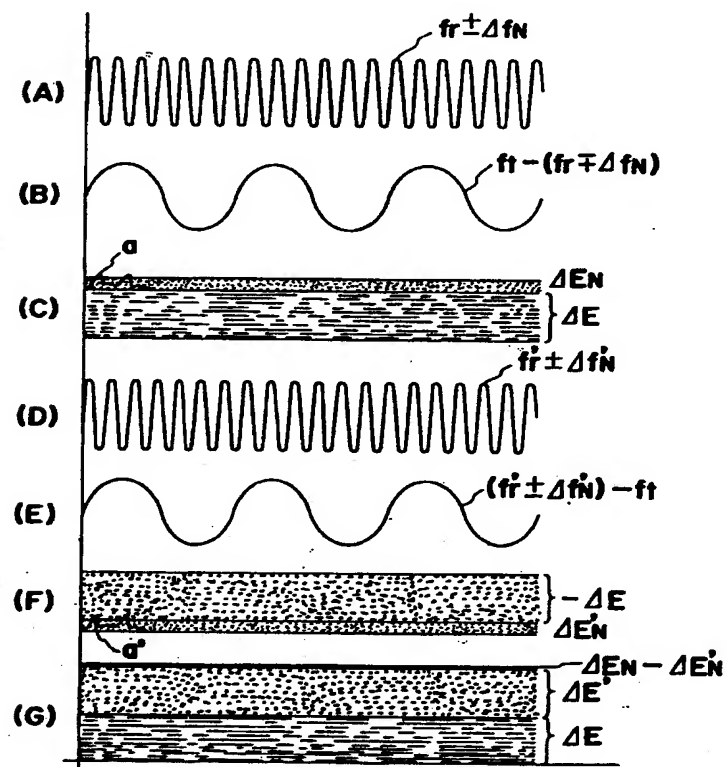
- 11 --- 下流側送信用トランスジューサ
- 12, 13 --- 固形物
- 14 --- 発振器
- 15 --- パルス変調器
- 16 --- パルス発振器
- 17 --- ビーム方向切換器
- 18 --- ビーム方向切換制御器
- 19, 26, 32 --- 同調器
- 22 --- パルス整形器
- 23 --- タイムインターバルカウンタ
- 24 --- メモリ
- 25, 40 --- 演算器
- 29, 35 --- ミキサ
- 30, 36 --- 低域通過フィルタ
- 31, 37 --- 周波数弁別器
- 38 --- 差動増幅器
- 39 --- アナログデジタル変換器
- 41 --- 切換調整器
- 42 --- 比較器
- 43 --- タイマ
- 44 --- 測定モード切換制御器
- 45, 46 --- 測定モード切換器
- 47 --- 表示演算器
- 48 --- 表示器
- A --- 超音波信号送受信部
- B --- 発振部
- C --- 透過形測定モード信号処理部

(50)

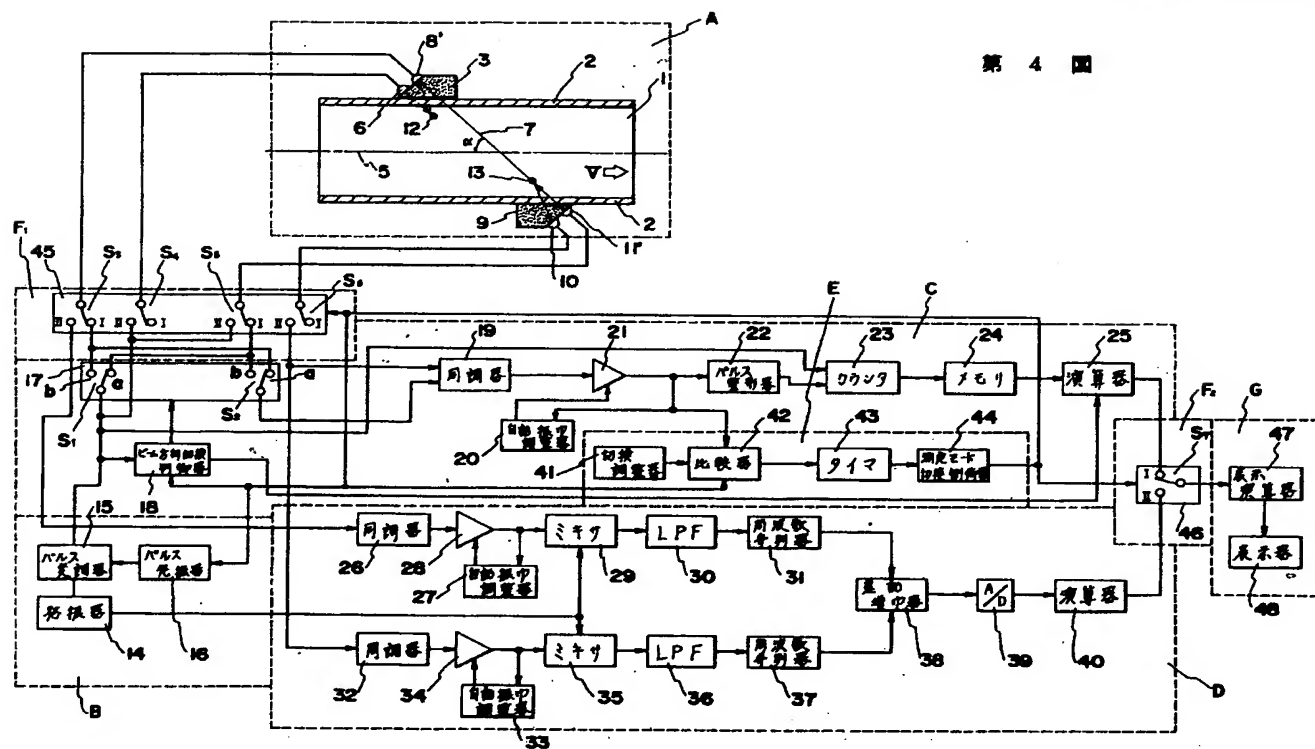
第 2 圖



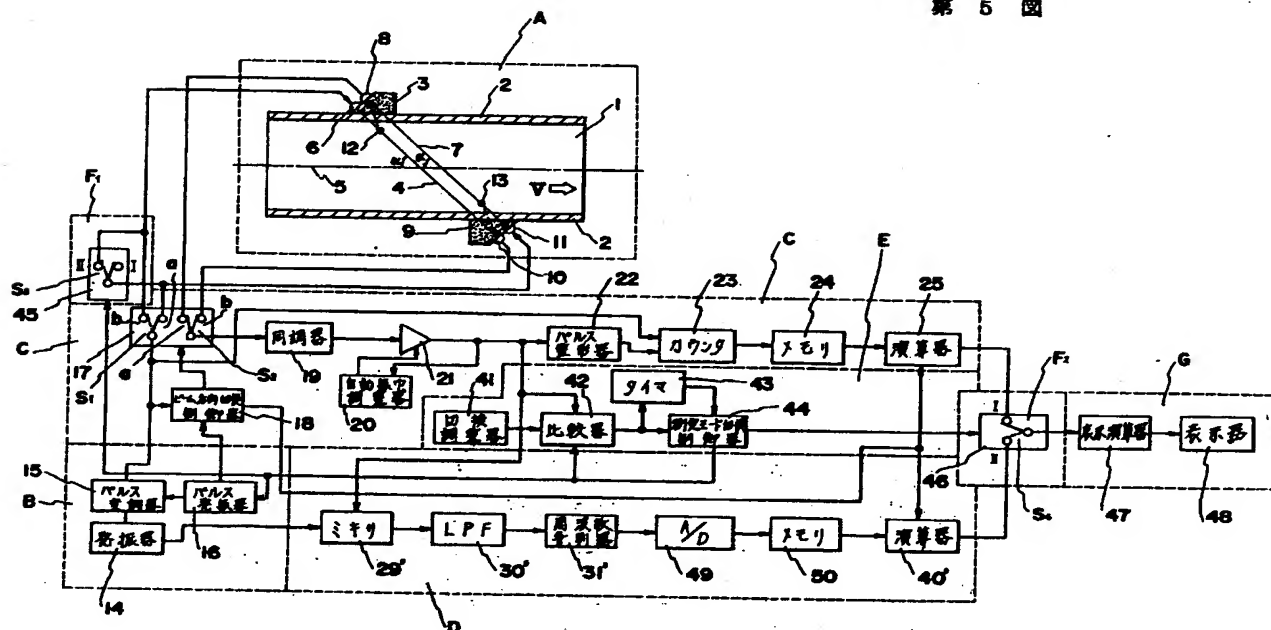
第 3 圖



第 4 図



第 5 図



[Column 22 - Column 24]

Next, the operation is described of the switching from the transmission measurement mode to the reflection measurement mode when the amount of the bubble or the solid matters 12, 13 included in the to-be-measured fluid 1 increases.

Now, when the pollution concentration of the to-be-measured fluid 1 increases, the ultrasonic signal propagated via the propagation paths 4, 7 is significantly attenuated, and thus the output signal level of the tuner 19 gradually decreases; and when the input signal level of an amplifier 21 decreases below the minimum level at which the output signal level can be maintained at a constant level due to a feedback effect of the automatic oscillation adjuster 20, the output signal level of the amplifier 21 starts to decrease. As the output signal of the amplifier 21 is also provided to the comparator 42, the comparator 42 once holds the peak value of the output signal, and then compares it with the configurable reference voltage that is provided from the switching adjuster 41. When the comparator 42 detects that the peak value of the output signal becomes smaller than the reference voltage, provides an output signal to the timer 43. The duration time of the output signal, i.e., the period of time in which the level of peak value of the output signal of the amplifier 21 becomes below the preset reference voltage, exceeds the length of time predetermined to the timer 43, the timer provides an output signal to the measurement mode switching controller 44. After the reception of the signal, the measurement mode switching controller 44 outputs a measurement mode switching signal.

By providing the timer 43, there is a beneficial effect that the measurement modes are frequently switched in response to a temporally change in the pollution concentration of the to-be-measured fluid 1.

Moreover, by manually adjusting the reference voltage stored in the switching adjuster 41, the pollution concentration of the to-be-measured fluid 1 in which the measurement modes are to be switched can be set to a desired value. The measurement mode switching signal output by the measurement mode switching controller 44 is firstly provided to the measurement mode switching units 45, 46, and the switching units connect and fix the movable contacts of the switches S_3 - S_6 and S_7 to the II side fixation contact in response to the signal.

Next, as the measurement mode switching signal is also provided to the beam direction switching controller 18 and the pulse generator 16, the beam direction switching unit 17 is fixed to a non-movable state in response to the signal. Furthermore, the pulse generator 16 terminates the interruption of the modulation signal to the pulse modulator 15, and continuously provides the state of "1".

Here, the comparator 42 also once terminates the maintaining function of the peak value of the to-be-compared signal in response to the provision of the measurement mode switching signal.

After the above operations are completed, the apparatus is switched to the reflection measurement mode. Here, as the movable contacts of the switches S_3 - S_6 are connected to the II side fixation contact, the connection state of the switches S_1 , S_2 of the beam direction switching unit 17 does not affect the operation of the reflection measurement mode.

[Column 31 - Column 33]

Next, the operation will be described of automatically switching from the reflection measurement mode to transmission measurement mode again when the amount of the bubble or the solid matters 12, 13 included in the to-be-measured fluid 1 decreases.

When the apparatus operates in the reflection measurement mode, the output signal of the upstream-side receiving transducer 8 that is provided to the same tuner 26 is also provided to the tuner 19. Accordingly, except the operation in which the comparator 42 does not temporarily hold the peak value of the output signal of the amplifier 21 but continuously compares the output signal with the reference signal stored in the switching adjuster 41, the measurement mode switching controller E operates in completely the same manner as the transmission measurement mode, and detects the continuous reduction in the output signal level of the receiving transducer 8 to switch the apparatus to the transmission measurement mode.

Namely, the mode switching controller 44 transmits the measurement mode switching signal to connect and fix the movable contacts of the switches S_3 - S_7 to the I side fixation contact. Furthermore, the mode switching controller 44 sets the beam direction switching controller 18 to a movable state, and starts the provision of a pulse string to the pulse modulator 15 of the pulse oscillator 16.

Here, the comparator 42 also cancel the termination of temporarily maintaining function of the peak value of the to-be-compared signal in response to the

provision of the measurement mode switching signal.

Regarding the measurement mode switching operation, a dead band, i.e., a hysteresis, may be provided to the measurement mode switching controller 44.

Due to the above configuration, there is a beneficial effect that, even if the pollution concentration of the to-be-measured fluid 1 is kept at the pollution concentration approximately equal to the pollution concentration that requires the switching of the measurement modes preset by the switching adjuster 41, the continuous switching of the measurement modes at the detection time interval set by the timer 43 can be prevented from occurring.